

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-216816

(43)Date of publication of application : 02.08.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/10

(21)Application number : 2001-013916

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 23.01.2001

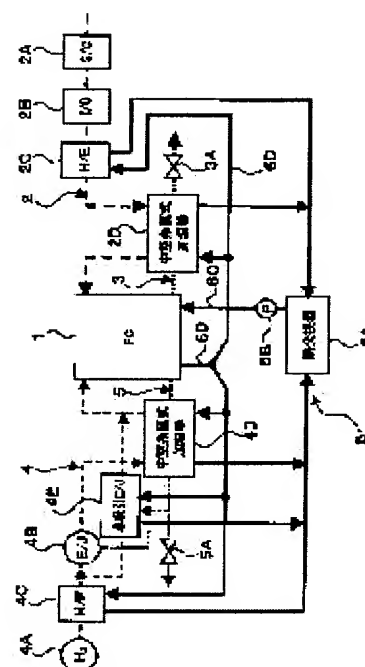
(72)Inventor : SHIMANUKI HIROSHI
KUSANO YOSHIO
KATAGIRI TOSHIKATSU
SUZUKI MIKIHIRO

(54) FUEL CELL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel cell system which can prevent deterioration only of power generating performance but also of durability of a fuel cell even at a start-up while temperature of the fuel cell itself is still low or in case outside air temperature is low.

SOLUTION: With the start of power generation of the fuel cell(FC) 1, air supplied to the entrance side of a cathode is humidified by a hollow-yarn film type humidifier 2D, and hydrogen gas supplied to the entrance side of an anode is humidified by a hollow-yarn film type humidifier 4D. On the other hand, cooling liquid of a cooling system 6 flowing toward a heat exchanger 6A after absorbing heat from the fuel cell(FC) 1 heats up the hollow-yarn film type humidifiers 2D, 4D, whereby, above air and hydrogen gas are heated to raise their dew-point temperature, and, therefore, to increase their humidifying volume.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-216816

(P2002-216816A)

(43)公開日 平成14年8月2日(2002.8.2)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース*(参考)

H 0 1 M 8/04

H 0 1 M 8/04

K 5 H 0 2 6

8/10

8/10

X 5 H 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-13916(P2001-13916)

(22)出願日 平成13年1月23日(2001.1.23)

(71)出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72)発明者 島貫 寛士

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 草野 佳夫

埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

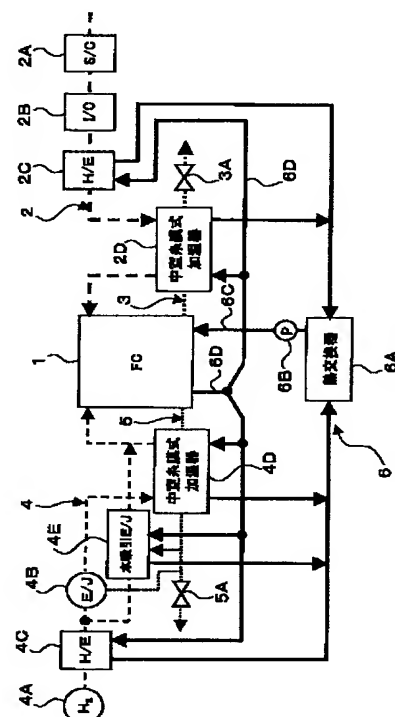
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57)【要約】

【課題】 燃料電池自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、燃料電池の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池の耐久性の低下を防止することができる燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池 (F C) 1 の発電開始によりカソード極入口側に供給される空気中空糸膜式加湿器 2 Dにより加湿され、アノード極入口側に供給される水素ガスが中空糸膜式加湿器 4 Dにより加湿される。一方、燃料電池 (F C) 1 から吸熱して熱交換器 6 Aへ向かう冷却系 6 の冷却液が前記中空糸膜式加湿器 2 D, 4 Dを加熱することにより、加湿された前記空気および水素ガスを加熱してその露点温度を上昇させ、加湿量を増大させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料電池と熱交換器との間を循環する冷却液により燃料電池を冷却する冷却系と、燃料電池のカソード極出口側から排出される高湿潤のカソードオフガスとの間の水分交換によりカソード極入口側に供給される酸化剤ガスを加湿する水透過膜型の加湿装置と、燃料電池のアノード極またはカソード極の出口側から排出される高湿潤のオフガスとの間の水分交換によりアノード極入口側に供給される燃料ガスを加湿する水透過膜型の加湿装置とが付設された燃料電池システムであって、前記燃料電池から吸熱して熱交換器へ向かう前記冷却系の冷却液により前記酸化剤ガスおよび燃料ガスを加熱する加熱手段を設けたことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載された燃料電池システムであって、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの加湿装置および前記燃料ガスの加湿装置を加熱することにより酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載された燃料電池システムであって、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの供給経路に設けられた熱交換器および前記燃料ガスの供給経路に設けられた熱交換器を介して酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 4】 請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載された燃料電池システムであって、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの供給経路の前記加湿装置より上流側に設けられたインタークーラを介して酸化剤ガスを加熱することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 5】 請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載された燃料電池システムであって、前記加熱手段が前記燃料ガスの供給経路に設けられた水吸引用のエゼクタを介して燃料ガスを加熱することを特徴とする燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、水素を含む燃料ガスおよび酸素を含む酸化剤ガスを燃料電池に供給して水素と酸素の化学反応により発電させる燃料電池システムに関し、詳しくは、加湿された燃料ガスおよび酸化剤ガスを加熱する構成を備えた燃料電池システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、従来のエンジンに代えて走行用モータを搭載する各種の電気自動車が開発されている。この種の電気自動車の一つとして、例えば PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) と略称される水素イオン交換膜型燃料電池（以下、PEM 型燃料電池という。）を走行用モータの電源として搭載する燃料電池自動車の開発が急速に進められている。

【0003】 前記 PEM 型燃料電池は、発電単位であるセルを多数積層した構造のスタックとして構成されており、各セルは、水素供給路を有するアノード極セパレータと酸素供給路を有するカソード極セパレータとの間に MEA (Membrane Electrode Assembly) と略称される膜・電極接合体を挟み込んだ構造を有している。この MEA は、PEM (Proton Exchange Membrane) と略称される固体高分子材料の水素イオン交換膜の片面にアノード側電極触媒層およびガス拡散層が順次積層され、前記 PEM (水素イオン交換膜) の他の片面にカソード側電極触媒層およびガス拡散層が順次積層されて構成されている。

【0004】 この種の PEM 型燃料電池では、燃料ガスとしての加湿された水素ガスが前記水素供給路をアノード極入口側からアノード極出口側へ向って通流し、酸化剤ガスとしての加湿された空気が前記酸素供給路をカソード極入口側からカソード極出口側へ向って通流すると、各セルのアノード極側から水素イオンが湿潤状態の MEA の PEM (水素イオン交換膜) を透過してカソード極側へ移動することにより、各セルが 1 V 程度の起電力を発生する。この場合、PEM 型燃料電池は、例えば 70～80℃ 程度の温度環境において最も安定した出力状態が得られる。

【0005】 そこで、このような発電メカニズムを有する PEM 型燃料電池を使用した燃料電池システムには、加湿された空気および水素ガスを連続的に供給して発電を継続させ、かつ、燃料電池を適温範囲に維持するため、例えば過給機により圧送される空気をインタークーラにより冷却してカソード極入口側に供給する空気供給系、カソード極出口側から高湿潤の余剰空気を排出する空気排出系、貯留された水素ガスをアノード極入口側に供給する水素ガス供給系、アノード極出口側から高湿潤の余剰水素ガスを排出する水素ガス排出系、前記空気供給系の空気を前記空気排出系の高湿潤の余剰空気との間の水分交換により加湿する水透過膜型の加湿装置、前記水素ガス供給系の水素ガスを前記水素ガス排出系の高湿潤の余剰水素ガスとの間の水分交換により加湿する水透過膜型の加湿装置、燃料電池と熱交換器との間で冷却液を循環させて燃料電池を適温範囲に維持する冷却系などが設けられている。

【0006】 ここで、前記水透過型の加湿装置としては、軽量でコンパクトな中空糸膜式加湿器（特開平 7-71795 号公報参照）が一般に使用されている。また、前記水素ガス供給系の水素ガスを加湿する手段としては、水素ガス排出系に流出する水分を水素ガス供給系に吸い上げる水吸引用のエゼクタも使用されている。一方、前記冷却系としては、燃料電池の液絡現象を防止する観点から、導電性の無いエチレングリコール系の水溶液を 1 次冷却液として燃料電池と液液式の 1 次熱交換器との間で循環させ、かつ、前記 1 次熱交換器と気液式の

2次熱交換器（ラジエータ）との間で2次冷却液を循環させる2段冷却式が一般に採用されている。

【0007】前記中空糸膜式加湿器は、水透過性の中空糸膜を多数本束ねた構造の中空糸膜集合体が円筒状ハウジング内に収容された中空糸膜モジュールと、この中空糸膜モジュールの両端部にそれぞれ連結されるヘッドブロックとで構成されている。この種の中空糸膜式加湿器においては、例えば前記空気供給系の乾燥した空気がスイープガスとして一方のヘッドブロックから前記円筒状ハウジング内を通過して他方のヘッドブロックへと流通し、同時に、前記空気排出系の高湿潤の余剰空気がカソードオフガスとして他方のヘッドブロックから前記中空糸膜集合体の各中空糸の内部を通過して一方のヘッドブロックへと通流する。そして、各中空糸膜の内部を通過する空気排出系の高湿潤の空気と、各中空糸膜の外周に接触して通過する空気供給系の乾燥した空気との間で水分交換が行われることにより、空気排出系の高湿潤の余剰空気が除湿され、空気供給系の乾燥した空気が加湿される。ここで、前記中空糸膜としては、ガス中の水分を毛管凝縮作用により透過させる多孔質の中空糸膜が耐熱性の高いことから一般に使用される。なお、ガス中の水分のみをイオン水和作用により透過させる非多孔質の中空糸膜（例えばデュポン社製のナフィオン（登録商標）等）も使用される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記の燃料電池システムにおいては、その起動時のように燃料電池自体の温度が低い場合、空気供給系からカソード極入口側に供給される空気の温度が低いと、燃料電池の発電性能が低下する。特に、外気温度が低い場合には、カソード極入口側に供給される空気の温度が一層低くなり、加えて加湿された空気の露点が低くなって加湿量が低下するため、燃料電池の発電性能が極端に低下するという問題がある。そして、この場合には、燃料電池の耐久性が低下するという別の問題も発生する。一方、前記水素ガス供給系の水素ガスを水吸引用のエゼクタにより加湿している場合、アノード極入口側に供給される水素ガスの温度が水吸引用のエゼクタの作動に伴う気化潜熱により低下するため、燃料電池の起動時や外気温が低い場合には、前記と同様の問題が発生する。

【0009】そこで、本発明は、燃料電池自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、燃料電池の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池の耐久性の低下を防止することができる燃料電池システムを提供することを課題とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の課題を解決する手段として、本発明に係る燃料電池システムは、燃料電池と熱交換器との間で循環する冷却液により燃料電池を冷却する冷却系と、燃料電池のカソード極出口側から排出

される高湿潤のカソードオフガスとの間の水分交換によりカソード極入口側に供給される酸化剤ガスを加湿する水透過膜型の加湿装置と、燃料電池のアノード極またはカソード極の出口側から排出される高湿潤のオフガスとの間の水分交換によりアノード極入口側に供給される燃料ガスを加湿する水透過膜型の加湿装置とが付設された燃料電池システムであって、前記燃料電池から吸熱して熱交換器へ向かう前記冷却系の冷却液により前記酸化剤ガスおよび燃料ガスを加熱する加熱手段を設けたことを特徴とする。

【0011】本発明に係る燃料電池システムでは、その起動により燃料電池のカソード極入口側に酸化剤ガスが供給され、アノード極入口側に燃料ガスが供給されると、燃料電池が発電を開始し、カソード極出口側からは余剰の高湿潤のカソードオフガスが排出され、アノード極出口側からは余剰の高湿潤の燃料ガスが排出される。そして、カソード極出口側から排出される高湿潤のカソードオフガスとカソード極入口側に供給される酸化剤ガスとが水透過膜型の加湿装置により水分交換することにより、排出されるカソードオフガスが除湿され、供給される酸化剤ガスが加湿される。同様に、アノード極またはカソード極の出口側から排出される高湿潤のオフガスとアノード極入口側に供給される燃料ガスとが水透過膜型の加湿装置により水分交換することにより、排出されるオフガスが除湿され、供給される燃料ガスが加湿される。一方、燃料電池を適温範囲に保持するように、冷却系の冷却液が燃料電池と熱交換器との間で循環する。その際、燃料電池から吸熱して熱交換器へ向かう冷却液を熱源として、加熱手段がカソード極入口側に供給される加湿された酸化剤ガスおよびアノード極入口側に供給される加湿された燃料ガスをそれぞれ加熱する。

【0012】本発明の燃料電池システムにおいて、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの加湿装置および前記燃料ガスの加湿装置を加熱することにより酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱するように構成されていると、前記加湿装置は、露点温度の高い酸化剤ガスおよび燃料ガスに対してそれぞれ加湿することができ、酸化剤ガスおよび燃料ガスの加湿量を増大することができるので好ましい。

【0013】前記加熱手段は、前記酸化剤ガスの供給経路に設けられた熱交換器および前記燃料ガスの供給経路に設けられた熱交換器を介して酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱するように構成されていてもよい。この場合、各熱交換器が各加湿装置の上流側にそれぞれ配置されていると、それぞれ加湿装置に供給される酸化剤ガスおよび燃料ガスの温度を予め上昇させてその露点温度を上昇でき、加湿装置による酸化剤ガスおよび燃料ガスの加湿量を速やかに増大できるので好ましい。

【0014】また、前記加熱手段は、前記酸化剤ガスの供給経路の前記加湿装置より上流側に設けられたインタ

10

20

30

40

50

ーククーラを介して酸化剤ガスを加熱するように構成されていてもよい。この場合、加湿装置に供給される酸化剤ガスの温度を予め上昇させてその露点温度を上昇でき、加湿装置による酸化剤ガスの加湿量を速やかに増大できる。また、別途の熱交換器などを設ける必要がないため、燃料電池システムをコンパクトに構成することができる。なお、前記冷却系の冷却液の循環経路には、燃料電池から吸熱して熱交換器へ向かう冷却液と、熱交換器により放熱して燃料電池へ向かう冷却液とを切り換えて前記インタークーラへ供給できるように 3 方切換弁などの切換手段を設けるのが好ましい。

【0015】さらに、前記加熱手段は、前記燃料ガスの供給経路に設けられた水吸引用のエゼクタを加熱することにより燃料ガスを加熱するように構成されていてもよい。この場合、水吸引用のエゼクタが燃料ガスを加湿する際の気化潜熱による燃料ガスの温度低下を防止して燃料ガスの露点温度を上昇でき、水吸引用のエゼクタによる燃料ガスの加湿量を増大できるので好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係る燃料電池システムの実施の形態を説明する。参照する図面において、図 1 は第 1 実施形態に係る燃料電池システムを模式的に示す構成図である。図 1 に示す第 1 実施形態の燃料電池システムは、燃料電池 (FC) 1 に空気供給系 2、空気排出系 3、水素ガス供給系 4、水素ガス排出系 5 および冷却系 6 が付設された燃料電池システムであって、例えば燃料電池電気自動車に走行用モータの駆動電源として搭載される。

【0017】前記燃料電池 (FC) 1 は、発電単位であるセルが多数積層された構造の PEM 型燃料電池であり、例えば 70~80℃程度の温度環境において、最も安定した出力状態が得られる。この燃料電池 (FC) 1 は、図示しない出力電流制御装置を介してバッテリーおよび走行用モータの駆動ユニットに給電するように回路構成されている。

【0018】前記空気供給系 2 は、酸素を含む酸化剤ガスとしての空気を燃料電池 (FC) 1 のカソード極入口側に供給する。このため、空気供給系 2 には、その上流側から下流側へ向かって過給機 (S/C) 2A、インタークーラ (I/C) 2B が配設されている。また、カソード極入口側に供給する空気を加熱して加湿するため、前記インタークーラ (I/C) 2B の下流側には、熱交換器 (H/E) 2C および水透過膜型の加湿装置としての中空糸膜式加湿器 2D が配設されている。なお、前記過給機 (S/C) 2A の上流側には、図示しない消音器およびエアフィルタが配設されている。

【0019】前記空気排出系 3 は、燃料電池 (FC) 1 のカソード極出口側から反応水を含んだ余剰空気である高湿潤のカソードオフガスを排出する。この高湿潤のカソードオフガスにより前記カソード極入口側に供給され

る空気を加湿するため、空気排出系 3 には前記中空糸膜式加湿器 2D が配設され、その下流側にはカソードオフガスの排出制御弁 3A が介設されている。

【0020】前記水素ガス供給系 4 は、燃料ガスとしての水素ガスを燃料電池 (FC) 1 のアノード極入口側に循環して供給する。このため、水素ガス供給系 4 には、水素タンク 4A およびエゼクタ 4B が配設されている。また、アノード極入口側に供給する水素ガスを加熱して加湿するため、前記エゼクタ 4B の上流側には熱交換器 (H/E) 4C が配設され、エゼクタ 4B の下流側には水透過膜型の加湿装置としての中空糸膜式加湿器 4D が配設されている。また、この中空糸膜式加湿器 4D と並列に、前記熱交換器 (H/E) 4C の下流側と中空糸膜式加湿器 4D の下流側との間には、水吸引用のエゼクタ 4E (以下、発明の実施の形態の説明においては、「水吸引エゼクタ 4E」と略称する。) が介設されている。

【0021】前記エゼクタ 4B および水吸引エゼクタ 4E は、図示しないディフューザおよびノズルにより主流の流速を圧力変換して吸引室に負圧を発生させるように構成された一種のジェットポンプであり、構造が簡単で、操作・保守が容易であり、耐久性に優れている。ここで、前記エゼクタ 4B は、水素ガス排出系 5 に排出されるアノードオフガスを吸引して水素ガス供給系 4 に循環させる。一方、水吸引エゼクタ 4E は、水素ガス排出系 5 に排出されるアノードオフガス中の凝縮水を吸引して水素ガス供給系 4 に還流する。

【0022】前記水素ガス排出系 5 は、燃料電池 (FC) 1 のアノード極出口側から反応水を含んだ余剰水素ガスである高湿潤のアノードオフガスを排出する。この高湿潤のカソードオフガスにより前記アノード極入口側に供給される水素ガスを加湿するため、水素ガス排出系 5 には前記中空糸膜式加湿器 4D が配設され、その下流側にはアノードオフガスの排出制御弁 5A が介設されている。

【0023】前記冷却系 6 は、燃料電池 (FC) 1 と熱交換器 6A との間を循環する冷却液により燃料電池 (FC) 1 を適温範囲に冷却する。このため、冷却系 6 は、熱交換器 6A により放熱した冷却液を循環ポンプ 6B により燃料電池 (FC) 1 へ送出する冷却液循環往路 6C と、燃料電池 (FC) 1 から吸熱した冷却液を熱交換器 6A に戻す冷却液循環復路 6D とを少なくとも備えている。なお、図示を省略したが、この冷却系 6 には、燃料電池 (FC) 1 の暖機を促進するため、熱交換器 6A のバイパス流路と、このバイパス流路を冷却液の設定温度に応じて開閉するサーモスタットバルブとが設けられている。なお、前記バイパス流路を開放する冷却液の設定温度は、通常、70℃程度に設定され、バイパス流路を閉鎖する冷却液の設定温度は、通常、80℃程度に設定される。

【0024】前記冷却系 6 が 2 次冷却液の循環流路を有

する2次冷却系を図示のように備えていない場合、前記熱交換器6Aは、大気との間で熱交換可能な空冷式(気液式)のいわゆるラジエータで構成される。なお、冷却系6がラジエータを有する2次冷却系を備えている場合、前記熱交換器6Aは、2次冷却液との間で熱交換可能な液液式の熱交換器で構成される。

【0025】前記燃料電池(FC)1の液絡現象を防止するため、前記熱交換器6Aと燃料電池(FC)1との間を循環する冷却液としては、通常、導電率が低く維持された純水、または、導電性の無いエチレングリコール系の水溶液が使用される。また、冷却液循環往路6Cおよび冷却液循環復路6Dの配管材料は、絶縁性が高くイオンの溶出し難い合成樹脂管などで構成されている。

【0026】ここで、第1実施形態の燃料電池システムにおいては、前記冷却系6の燃料電池(FC)1から吸熱して熱交換器6Aへ向かう冷却液により、前記燃料電池(FC)1のカソード極入口側に供給される空気およびアノード極入口側に供給される水素ガスを加熱する手段が設けられている。すなわち、燃料電池(FC)1から熱交換器6Aへ向かう冷却液循環復路6Dは、空気供給系2を流通する空気を加熱するため、冷却液が中空糸膜式加湿器2Dを循環して熱交換器6Aへ戻り、また、熱交換器(H/E)2Cを循環して熱交換器6Aへ戻るように配管されている。同様に、燃料電池(FC)1から熱交換器6Aへ向かう冷却液循環復路6Dは、水素ガス供給系4を流通する水素ガスを加熱するため、冷却液が中空糸膜式加湿器4Dを循環して熱交換器6Aへ戻り、また、熱交換器(H/E)4Cを循環して熱交換器6Aへ戻り、さらに、水吸引エゼクタ4Eを循環して熱交換器6Aへ戻るように配管されている。

【0027】前記空気供給系2の中空糸膜式加湿器2Dは、一端部に複数の気体流入孔が周方向に沿って配列され、他端部に複数の気体流出孔が周方向に沿って配列された円筒状ハウジング内に、多孔質の水透過性の中空糸膜を多数本束ねた構造の中空糸膜集合体を收容してなる中空糸膜モジュールを備えている。この中空糸膜モジュールは、スweepガス流入通路およびオフガス流出通路を有する一方のヘッドブロックに一端部が連結して支持され、また、スweepガス流出通路およびオフガス流入通路を有する他方のヘッドブロックに他端部が連結して支持されている。そして、この中空糸膜式加湿器2Dには、冷却液の循環路であるウォータジャケットが前記円筒状ハウジングの周囲に設けられている。

【0028】前記中空糸膜式加湿器2Dにおいては、前記空気供給系2の過給機(S/C)2Aによって燃料電池(FC)1のカソード極入口側へ圧送される乾燥した空気がスweepガスとして一方のヘッドブロックのスweepガス流入通路から前記円筒状ハウジング内を通過して他方のヘッドブロックのスweepガス流出通路へと通流し、同時に、燃料電池(FC)1のカソード極出口側

から排出される空気排出系3の高湿潤の余剰空気がカソードオフガスとして他方のヘッドブロックのオフガス流入通路から前記中空糸膜集合体の各中空糸の内部を通過して一方のヘッドブロックのオフガス流出通路へと通流する。そして、各中空糸膜の内部を通過する高湿潤の余剰空気であるカソードオフガスと、スweepガスとして各中空糸膜の外周に接触して通過する乾燥した空気との間で水分交換が行われることにより、空気排出系3の高湿潤のカソードオフガスが除湿され、空気供給系2の乾燥した空気が加湿される。

【0029】なお、水素ガス供給系4の中空糸膜式加湿器4Dは、前記中空糸膜式加湿器2Dと同様の構造を有するので、その構造についての詳細な説明は省略する。この中空糸膜式加湿器4Dにおいては、水素ガス排出系5の高湿潤の余剰水素ガスがアノードオフガスとして各中空糸膜の内部を通過し、水素ガス供給系4の乾燥した水素ガスがスweepガスとして各中空糸膜の外周に接触して通過するのであり、水素ガス排出系5の高湿潤の余剰水素ガスが除湿され、水素ガス供給系4の乾燥した水素ガスが加湿される。

【0030】前記熱交換器(H/E)2Cは、空気供給系2の空気と冷却系6の冷却液との間で熱交換する気液式の熱交換器である。同様に、前記熱交換器(H/E)4Cは、水素ガス供給系4の水素ガスと冷却系6の冷却液との間で熱交換する気液式の熱交換器である。一方、前記水吸引エゼクタ4Eは、前記燃料電池(FC)1のアノード極出口側から中空糸膜式加湿器4Dを通過して水素ガス排出系5に排出されるアノードオフガス中の凝縮水を吸引する。そして、この水吸引エゼクタ4Eは、水素ガス供給系4の乾燥した水素ガスが図示しないディフューザおよびノズルを通過することにより、吸引した凝縮水を乾燥した水素ガスに混合して水素ガスを加湿する。この水吸引エゼクタ4Eの周囲には、冷却液の循環路であるウォータジャケットが設けられている。

【0031】以上のように構成された第1実施形態の燃料電池システムにおいては、その起動により空気供給系2の過給機(S/C)2Aから圧送される空気がインタークーラ(I/C)2B、熱交換器(H/E)2C、中空糸膜式加湿器2Dを経由して燃料電池(FC)1のカソード極入口側に供給される。同時に、水素ガス供給系4の水素タンク4Aからの水素ガスが熱交換器(H/E)4C、エゼクタ4B、中空糸膜式加湿器4Dを経由して燃料電池(FC)1のアノード極入口側に供給される。これにより、燃料電池(FC)1は発電を開始し、そのカソード極出口側からは余剰の高湿潤の空気がカソードオフガスとして排出され、アノード極出口側からは余剰の高湿潤の水素ガスがアノードオフガスとして排出される。

【0032】こうして燃料電池システムが起動すると、燃料電池(FC)1のカソード極出口側から排出される

空気排出系 3 の高湿潤のカソードオフガスと、燃料電池 (FC) 1 のカソード極入口側に供給される空気供給系 2 の空気との間で中空糸膜式加湿器 2 D により水分交換が行われ、空気排出系 3 のカソードオフガスが除湿され、空気供給系 2 の空気が加湿される。同様に、燃料電池 (FC) 1 のアノード極出口側から排出される水素ガス排出系 5 の高湿潤のアノードオフガスと、燃料電池 (FC) 1 のアノード極入口側に供給される水素ガス供給系 4 の水素ガスとの間で中空糸膜式加湿器 4 D により水分交換が行われ、水素ガス排出系 5 のアノードオフガスが除湿され、水素ガス供給系 4 の水素ガスが加湿される。また、水素ガス供給系 4 の水素ガスに対しては、水吸引エゼクタ 4 E が水素ガス排出系 5 に排出される水分を吸引して混合することにより加湿する。

【0033】一方、燃料電池 (FC) 1 を適温範囲に保持するように、冷却系 6 の循環ポンプ 6 B の作動に伴い冷却液が冷却液循環往路 6 C および冷却液循環復路 6 D を介して燃料電池 (FC) 1 と熱交換器 6 A との間を循環する。その際、燃料電池 (FC) 1 から吸熱した冷却液は、冷却液循環復路 6 D により中空糸膜式加湿器 2 D、熱交換器 (H/E) 2 C、中空糸膜式加湿器 4 D、熱交換器 (H/E) 4 C および水吸引エゼクタ 4 E を循環し、これらを加熱しつつ熱交換器 6 A へと戻る。このため、空気供給系 2 を通流する空気は、前記中空糸膜式加湿器 2 D および熱交換器 (H/E) 2 C を介して加熱される。同様に、水素ガス供給系 4 を通流する水素ガスは、前記中空糸膜式加湿器 4 D、熱交換器 (H/E) 4 C および水吸引エゼクタ 4 E を介して加熱される。

【0034】従って、第 1 実施形態に係る燃料電池システムによれば、燃料電池 (FC) 1 自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、燃料電池 (FC) 1 のカソード極入口側に供給される空気およびアノード極入口側に供給される水素ガスの温度を燃料電池 (FC) 1 と略同等の温度に維持することができる。また、供給される前記空気および水素ガスの露点温度の低下を防止してその加湿量の低下を防止できる。その結果、燃料電池 (FC) 1 の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池 (FC) 1 の耐久性の低下を防止することができる。

【0035】ここで、第 1 実施形態の燃料電池システムにおいては、空気供給系 2 の中空糸膜式加湿器 2 D に供給される空気をその上流側の熱交換器 (H/E) 2 C が予め加熱し、さらに中空糸膜式加湿器 2 D 自体が加熱するため、中空糸膜式加湿器 2 D は露点温度の高い空気に対して加湿することができ、空気の加湿量を増大することができる。同様に、水素ガス供給系 4 の中空糸膜式加湿器 4 D に供給される水素ガスをその上流側の熱交換器 (H/E) 4 C が予め加熱するため、中空糸膜式加湿器 4 D は露点温度の高い水素ガスに対して加湿することができ、水素ガスの加湿量を増大することができる。ま

た、水吸引エゼクタ 4 E が加熱されることにより、水素ガスを加湿する際の気化潜熱による水素ガスの温度低下が防止される。その結果、水吸引エゼクタ 4 E 内の水素ガスの露点温度が上昇するのであり、水吸引エゼクタ 4 E による水素ガスの加湿量を増大することができる。

【0036】次に、図 2 を参照して本発明の第 2 実施形態に係る燃料電池システムを説明する。第 2 実施形態に係る燃料電池システムは、第 1 実施形態の燃料電池システムにおいて水素ガス供給系 4 および水素ガス排出系 5 に跨って配設される中空糸膜式加湿器 4 D を水素ガス供給系 4 および空気排出系 3 に跨って配設される中空糸膜式加湿器 4 G に変更したものである。第 2 実施形態に係る燃料電池システムのその他の構成部分は、第 1 実施形態の燃料電池システムと同様であるから、同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0037】第 2 実施形態の燃料電池システムにおいて、前記中空糸膜式加湿器 4 G は、燃料電池 (FC) 1 のカソード極出口側から排出される空気排出系 3 の高湿潤の余剰空気がオフガスとされて前記中空糸膜集合体の各中空糸の内部を通過し、また、水素ガス供給系 4 のエゼクタ 4 B から送出される乾燥した水素ガスがスイープガスとされて各中空糸膜の外周に接触して通過するように構成されている。また、この中空糸膜式加湿器 4 G の各中空糸膜は、イオン水和作用により水分のみを透過させ、酸素などは透過させない非多孔質の中空糸膜によって構成されている。そして、この中空糸膜式加湿器 4 G を通過する水素ガス供給系 4 の水素ガスを加熱するため、前記冷却系 6 の冷却液循環復路 6 D は、中空糸膜式加湿器 4 G を循環して熱交換器 6 A へ戻るように配管されている。

【0038】第 2 実施形態の燃料電池システムにおいては、燃料電池 (FC) 1 のカソード極出口側から排出される空気排出系 3 の高湿潤のカソードオフガスと、燃料電池 (FC) 1 のアノード極入口側に供給される水素ガス供給系 4 の水素ガスとの間で中空糸膜式加湿器 4 G により水分交換が行われる。その際、中空糸膜式加湿器 4 G においては、カソードオフガスに含有される酸素の透過が阻止され、カソードオフガスに含有される水分のみが非多孔質の各中空糸膜をイオン水和作用により透過し、この透過する水分によって水素ガス供給系 4 の乾燥した水素ガスが加湿される。そして、この中空糸膜式加湿器 4 G を燃料電池 (FC) 1 から吸熱した冷却系 6 の冷却液が冷却液循環復路 6 D により循環することにより、水素ガス供給系 4 を通流する水素ガスが中空糸膜式加湿器 4 G を介して加熱される。

【0039】なお、第 2 実施形態の燃料電池システムにおいて、第 1 実施形態の燃料電池システムと同様の構成部分については同様の作用効果を奏するため、第 2 実施形態の燃料電池システムによれば、燃料電池 (FC) 1 自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合において

10

20

30

40

50

も、燃料電池（FC）1のカソード極入口側に供給される空気およびアノード極入口側に供給される水素ガスの温度を燃料電池（FC）1と略同等の温度に維持することができる。また、供給される前記空気および水素ガスの露点温度の低下を防止してその加湿量の低下を防止できる。その結果、燃料電池（FC）1の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池（FC）1の耐久性の低下を防止することができる。

【0040】続いて、図3を参照して本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムを説明する。第3実施形態に係る燃料電池システムは、第1実施形態の燃料電池システムにおける空気供給系2から熱交換器（H/E）2Cを排除し、かつ、冷却系6の冷却液循環往路6Cおよび冷却液循環復路6Dの配管構成を変更したものである。第3実施形態に係る燃料電池システムのその他の構成部分は、第1実施形態の燃料電池システムと同様であるから、同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0041】第3実施形態の燃料電池システムにおいて、冷却系6の冷却液循環復路6Dは、冷却液が中空糸膜式加湿器2Dを循環することなくインタークーラ（I/C）2Bを循環して熱交換器6Aに戻るよう配管されている。この冷却液循環復路6Dにおいて、燃料電池（F/C）1からインタークーラ（I/C）2Bへ向かう部分には3方弁6Eが介設され、また、インタークーラ（I/C）2Bから熱交換器6Aへ戻る部分には3方弁6Fが介設されている。そして、前記インタークーラ（I/C）2Bに循環ポンプ6Bから送出される冷却液を循環可能とさせるように、循環ポンプ6Bの下流側には、冷却液循環往路6Cから分岐して3方弁6Eに接続される分岐流路6Gと、3方弁6Fから分岐して冷却液循環往路6Cに合流する合流流路6Hとが設けられている。

【0042】第3実施形態の燃料電池システムにおいては、燃料電池（F/C）1自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合、3方弁6Eは分岐流路6Gを遮断して燃料電池（F/C）1からインタークーラ（I/C）2Bへ向かう冷却液循環復路6Dを連通し、3方弁6Fは合流流路6Hを遮断してインタークーラ（I/C）2Bから熱交換器6Aへ戻る冷却液循環復路6Dを連通するように管路を切り換える。その結果、冷却液循環復路6Dの冷却液がインタークーラ（I/C）2Bを循環する。このため、過給機（S/C）2Aによって中空糸膜式加湿器2Dに供給される空気供給系2の空気は、その途中のインタークーラ（I/C）2Bにより燃料電池（FC）1から吸熱した冷却液循環復路6Dの冷却液によって加熱される。従って、中空糸膜式加湿器2Dは露点温度の高い空気に対して加湿することができ、空気の加湿量を増大することができる。

【0043】なお、燃料電池（F/C）1の暖機が完了すると、前記3方弁6Eは分岐流路6Gをインタークーラ

ラ（I/C）2Bへ向かう冷却液循環復路6Dに連通し、3方弁6Fはインタークーラ（I/C）2Bからの冷却液循環復路6Dを合流流路6Hに連通するように管路を切り換える。その結果、インタークーラ（I/C）2Bには、循環ポンプ6Bから送出される冷却液を循環する。

【0044】第3実施形態の燃料電池システムによれば、第1実施形態の燃料電池システムと同様の構成部分が同様の作用効果を奏するため、燃料電池（FC）1自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、燃料電池（FC）1のカソード極入口側に供給される空気およびアノード極入口側に供給される水素ガスの温度を燃料電池（FC）1と略同等の温度に維持することができる。また、供給される前記空気および水素ガスの露点温度の低下を防止してその加湿量の低下を防止できる。その結果、燃料電池（FC）1の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池（FC）1の耐久性の低下を防止することができる。

【0045】次に、図4を参照して本発明の第4実施形態に係る燃料電池システムを説明する。第4実施形態に係る燃料電池システムは、第1実施形態の燃料電池システムにおける空気供給系2から熱交換器（H/E）2Cを排除し、かつ、水素ガス供給系4から熱交換器（H/E）4Cおよび水吸引エゼクタ4Eを排除したものであり、これに応じて冷却系6の冷却液循環復路6Dの配管構成が変更されている。この第4実施形態の燃料電池システムにおいては、空気供給系2の中空糸膜式加湿器2Dの下流側に電気ヒータ等のヒータ2Eが介設され、水素ガス供給系4の中空糸膜式加湿器4Dの下流側にも同様のヒータ4Fが介設されている。なお、第4実施形態に係る燃料電池システムのその他の構成部分は、第1実施形態の燃料電池システムと同様であるから、同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0046】第4実施形態の燃料電池システムにおいては、燃料電池（FC）1自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合、空気供給系2の過給機（S/C）2Aによって燃料電池（FC）1のカソード極入口側に供給される空気は、中空糸膜式加湿器2Dで加湿された直後にヒータ2Eによって加熱される。また、水素タンク4Aから燃料電池（FC）1のアノード極入口側に供給される水素ガスは、中空糸膜式加湿器4Dで加湿された直後にヒータ4Fによって加熱される。その結果、燃料電池（FC）1に供給される空気および水素ガスの温度を上昇させ、その露点温度の上昇により凝結した水分を気化させることもでき、空気および水素ガスの加湿量を増大することができる。

【0047】なお、第4実施形態の燃料電池システムにおいて、第1実施形態の燃料電池システムと同様の構成部分については同様の作用効果を奏するため、第4実施形態の燃料電池システムによれば、燃料電池（FC）1

自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、燃料電池（FC）1のカソード極入口側に供給される空気およびアノード極入口側に供給される水素ガスの温度を燃料電池（FC）1と略同等の温度に維持することができる。また、供給される前記空気および水素ガスの露点温度の低下を防止してその加湿量の低下を防止できる。その結果、燃料電池（FC）1の発電性能の低下を防止でき、ひいては燃料電池（FC）1の耐久性の低下を防止することができる。

【0048】なお、第1、第3または第4の各実施形態の燃料電池システムにおける中空糸膜式加湿器2Dおよび中空糸膜式加湿器4Dは、第2実施形態の燃料電池システムにおける中空糸膜式加湿器4Gと同様に、イオン水和作用のある非多孔質の中空糸膜で中空糸膜モジュールの中空糸膜集合体を構成してもよい。この非多孔質の中空糸膜は、イオン水和作用によりガス中の水分のみを透過させ、その他のガス成分の透過を阻止するものであり、例えばデュボン社製のナフィオン（登録商標）等として知られている。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る燃料電池システムでは、その起動により燃料電池のカソード極入口側に酸化剤ガスが供給され、アノード極入口側に燃料ガスが供給されると、燃料電池が発電を開始し、カソード極出口側からは余剰の高湿潤の空気がカソードオフガスとして排出され、アノード極出口側からは余剰の高湿潤の燃料ガスがアノードオフガスとして排出される。そして、カソード極出口側から排出される高湿潤のカソードオフガスとカソード極入口側に供給される酸化剤ガスとが水透過膜型の加湿装置により水分交換することにより、排出されるカソードオフガスが除湿され、供給される酸化剤ガスが加湿される。同様に、アノード極またはカソード極の出口側から排出される高湿潤のオフガスとアノード極入口側に供給される燃料ガスとが水透過膜型の加湿装置により水分交換することにより、排出されるオフガスが除湿され、供給される燃料ガスが加湿される。一方、燃料電池を適温範囲に保持するように、冷却系の冷却液が燃料電池と熱交換器との間を循環する。その際、燃料電池から吸熱して熱交換器へ向かう冷却液を熱源として、加熱手段がカソード極入口側に供給される加湿された酸化剤ガスおよびアノード極入口側に供給される加湿された燃料ガスをそれぞれ加熱する。従って、本発明に係る燃料電池システムによれば、燃料電池自体の温度が低い起動時や外気温度が低い場合においても、供給される酸化剤ガスおよび燃料ガスの温度を燃料電池と略同等の温度に維持することができる。また、供給される酸化剤ガスおよび燃料ガスの露点温度の低下を防止してその加湿量の低下を防止できる。その結果、燃料電池の発電性能の低下を防止することができ、ひいては燃料電池の耐久性の低下を防止することができる。

【0050】本発明の燃料電池システムにおいて、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの加湿装置および前記燃料ガスの加湿装置を加熱することにより酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱するように構成されている場合、前記加湿装置は、露点温度の高い酸化剤ガスおよび燃料ガスに対してそれぞれ加湿することができ、酸化剤ガスおよび燃料ガスの加湿量を増大することができる。

【0051】また、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの供給経路に設けられた熱交換器および前記燃料ガスの供給経路に設けられた熱交換器を介して酸化剤ガスおよび燃料ガスをそれぞれ加熱するように構成されている場合、各熱交換器が各加湿装置の上流側にそれぞれ配置されていると、それぞれ加湿装置に供給される酸化剤ガスおよび燃料ガスの温度を予め上昇させてその露点温度を上昇でき、加湿装置による酸化剤ガスおよび燃料ガスの加湿量を速やかに増大できる。

【0052】さらに、前記加熱手段が前記酸化剤ガスの供給経路の前記加湿装置より上流側に設けられたインタークーラを介して酸化剤ガスを加熱するように構成されている場合、加湿装置に供給される酸化剤ガスの温度を予め上昇させてその露点温度を上昇でき、加湿装置による酸化剤ガスの加湿量を速やかに増大できると共に、別途の熱交換器などを設ける必要がないため、燃料電池システムをコンパクトに構成することができる。

【0053】また、前記加熱手段が前記燃料ガスの供給経路に設けられた水吸引用のエゼクタを加熱することにより燃料ガスを加熱するように構成されている場合、水吸引用のエゼクタが燃料ガスを加湿する際の気化潜熱による燃料ガスの温度低下を防止して燃料ガスの露点温度を上昇でき、水吸引用のエゼクタによる燃料ガスの加湿量を増大できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る燃料電池システムを模式的に示す構成図である。

【図2】本発明の第2実施形態に係る燃料電池システムを模式的に示す構成図である。

【図3】本発明の第3実施形態に係る燃料電池システムを模式的に示す構成図である。

【図4】本発明の第4実施形態に係る燃料電池システムを模式的に示す構成図である。

【符号の説明】

- 1 : 燃料電池（F/C）
- 2 : 空気供給系
- 2A : 過給機（S/C）
- 2B : インタークーラ（I/C）
- 2C : 熱交換器（H/E）
- 2D : 中空糸膜式加湿器
- 2E : ヒータ
- 3 : 空気排出系
- 3A : 排出制御弁

The schematic diagram illustrates a hydrogen liquefaction process. Hydrogen gas (H_2) enters from the left through port 4A into a heat exchanger (H/E) at port 4C. The cooled gas then passes through a pressure-reducing valve (E/J) at port 4B. It then flows through a water vapor separator (水吸引E/J) and a middle-pressure membrane heater (中空糸膜式加温器), both indicated by dashed arrows labeled 4D and 4E. The gas then enters the feed column (FC) at port 5. From the bottom of the FC, it goes through a condenser (6D) and a pump (P) at port 6B. The liquid then passes through another middle-pressure membrane heater (中空糸膜式加温器) and a control valve (3A) at port 3, which is regulated by a signal from the top of the FC (port 3). The liquid then enters a distillation column (I/C) at port 2B. The top product (distillate) exits at port 2A through a control valve (S/C). The bottom product (residue) exits at port 6F. A reflux stream (6G) returns from the bottom of the I/C through a reboiler (6E) back to the top of the I/C. Another stream (6H) is shown exiting from the side of the I/C. The entire system is integrated with a heat exchanger (熱交換器) at the bottom, which preheats the incoming gas (6A) and cools the outgoing liquid (6).

[illegible]

(72) 発明者 片桐 敏勝
埼玉県和光市中央一丁目 4 番 1 号 株式会
社本田技術研究所内

(72)発明者 鈴木 幹浩
埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

F ターム(参考) 5H026 AA06
5H027 AA06 BA13 BA19 CC06 KK41
MM16